

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Masatsugu IRIBE

GAU:

SERIAL NO: New Application

EXAMINER:

FILED: Herewith

FOR: LEGGED MOBILE ROBOT AND ACTUATOR DEVICE APPLICABLE TO JOINT SHAFT OF THE ROBOT

**REQUEST FOR PRIORITY**

COMMISSIONER FOR PATENTS  
ALEXANDRIA, VIRGINIA 22313

SIR:

- ☐ Full benefit of the filing date of U.S. Application Serial Number , filed , is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §120.
- ☐ Full benefit of the filing date(s) of U.S. Provisional Application(s) is claimed pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119(e): Application No. Date Filed
- ☒ Applicants claim any right to priority from any earlier filed applications to which they may be entitled pursuant to the provisions of 35 U.S.C. §119, as noted below.

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that the applicants claim as priority:

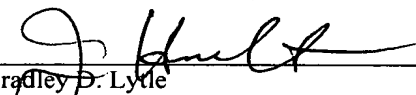
<u>COUNTRY</u>	<u>APPLICATION NUMBER</u>	<u>MONTH/DAY/YEAR</u>
Japan	2002-358859	December 11, 2002

Certified copies of the corresponding Convention Application(s)

- ☒ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee
- ☐ were filed in prior application Serial No. filed
- ☐ were submitted to the International Bureau in PCT Application Number  
Receipt of the certified copies by the International Bureau in a timely manner under PCT Rule 17.1(a) has been acknowledged as evidenced by the attached PCT/IB/304.
- ☐ (A) Application Serial No.(s) were filed in prior application Serial No. filed ; and
- ☐ (B) Application Serial No.(s)
- ☐ are submitted herewith
- ☐ will be submitted prior to payment of the Final Fee

Respectfully Submitted,

OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

  
Bradley D. Lytle  
Registration No. 40,073  
James D. Hamilton  
Registration No. 28,421

Customer Number

**22850**

Tel. (703) 413-3000  
Fax. (703) 413-2220  
(OSMMN 05/03)

503p1410US00

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日      2 0 0 2 年 1 2 月 1 1 日  
Date of Application:

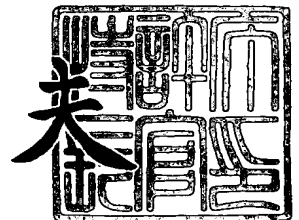
出 願 番 号      特 願 2 0 0 2 - 3 5 8 8 5 9  
Application Number:  
[ST. 10/C]:      [ J P 2 0 0 2 - 3 5 8 8 5 9 ]

出 願 人      ソニー株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 3 年   8 月 2 6 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号   出証特 2 0 0 3 - 3 0 6 9 5 9 1

【書類名】 特許願

【整理番号】 0290712102

【提出日】 平成14年12月11日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 B25J 1/00

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号 ソニー株式会社  
                                内

    【氏名】 入部 正継

【特許出願人】

    【識別番号】 000002185

    【氏名又は名称】 ソニー株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100093241

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 宮田 正昭

【選任した代理人】

    【識別番号】 100101801

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 山田 英治

【選任した代理人】

    【識別番号】 100086531

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 澤田 俊夫

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 048747

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9904833

【プルーフの要否】 要

**【書類名】 明細書**

**【発明の名称】** 脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置

**【特許請求の範囲】****【請求項 1】**

少なくとも複数本の可動脚を備え、各関節自由度がアクチュエータ装置によって実現される脚式移動ロボットであって、

機体動作を統括的に制御する上位制御系と、

位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するセンサを各関節アクチュエータ装置毎に内蔵するとともに、外界との接触や衝突を検知するセンサをアクチュエータ装置の外部に配設し、

前記アクチュエータ装置は、当該装置外部に配設された 1 以上のセンサからのセンサ信号を取り込むための入力インターフェースと、内蔵センサ及び外部センサから取り込んだセンサ信号のノイズ除去などの信号処理部と、上位制御系からのコマンドに従ったアクチュエータ・モータの駆動制御やセンサ情報の処理などの演算処理を行なう演算処理部を備える、ことを特徴とする脚式移動ロボット。

**【請求項 2】**

機体上の任意の場所の接触センサからの出力を配線経路が最短となる最寄りのアクチュエータ装置に入力し、

前記の各アクチュエータ装置内では、外部センサの出力を信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理を施す、ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボット。

**【請求項 3】**

機体上には、前記上位制御系及び各アクチュエータ装置間を接続するバスが構成され、

前記の各アクチュエータ装置は、前記上位制御系とのアクチュエータ駆動制御信号の授受や、前記のアクチュエータ内蔵センサ及び前記アクチュエータ装置外

に配置されたセンサからのセンサ情報の伝達を前記バスを介して行なう、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 4】

各可動ユニット毎に伝送信号線を集結するハブ装置を配設する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 5】

前記演算処理部は、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも明らかに大きくなるとともに、異物を挟む関係にある接触センサが所定時間以内にオンとなったときには、干渉が発生したと判断する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 6】

前記演算処理部は、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも明らかに大きくなったが、異物を挟む関係にある接触センサが所定時間以内にオンとならなかったとき、あるいは、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも大きくなることはないが、異物を挟む関係にある接触センサが所定時間以内にオンとなったときには、異物を関節とリンクで挟んだと判断する、  
ことを特徴とする請求項 1 に記載の脚式移動ロボット。

【請求項 7】

脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置であって、  
アクチュエータ・モータと、  
アクチュエータ駆動状況を検知するための装置内蔵センサと、  
当該装置外部に配設された 1 以上の外部センサからのセンサ信号を取り込むための入力インターフェースと、  
前記装置内蔵センサ及び外部センサから取り込んだセンサ信号のノイズ除去などの信号処理部と、  
上位制御系とのアクチュエータ駆動制御信号の授受や、前記装置内蔵センサ及び前記外部センサからのセンサ情報の伝達を前記バスを介して行なうバス・インターフェースと、

上位制御系からのコマンドに従った前記アクチュエータ・モータの駆動制御やセンサ情報の処理などの演算処理を行なう演算処理部と、  
を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置。

【請求項 8】

前記装置内蔵センサは、位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサ、温度センサのうち少なくとも 1 つを含む、  
ことを特徴とする請求項 7 に記載の脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置。

【請求項 9】

前記外部センサは、外界との接触や衝突を検知するための接触センサ又は感圧センサである、  
ことを特徴とする請求項 7 に記載の脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置。

【請求項 10】

配線経路が最短となるような最寄りの外部センサから前記入力インターフェースを介してセンサ信号を取り込む、  
ことを特徴とする請求項 7 に記載の脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、少なくとも複数本の可動脚を備えた脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置に係り、特に、位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するセンサや接触センサや感圧センサなど外界との接触や衝突を検知するセンサを配置する脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置に関する。

【0002】

さらに詳しくは、本発明は、位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するセンサを各関節アクチュエータ毎に内蔵するとともに、外界との接触や衝突を検知するセンサをアクチュエータ外部に配設した脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置に係り、特に、各関節アクチュエータの駆動制御用の信号、アクチュエータ内蔵センサの出力信号、並びにアクチュエータ外に配設されたセンサの出力信号を好適に上位制御系と交信する脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置に関する。

### 【0003】

#### 【従来の技術】

電氣的若しくは磁氣的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機械装置のことを「ロボット」という。ロボットの語源は、スラブ語の”ROBOTA（奴隷機械）”に由来すると言われている。わが国では、ロボットが普及し始めたのは1960年代末からであるが、その多くは、工場における生産作業の自動化・無人化などを目的としたマニピュレータや搬送ロボットなどの産業用ロボット（industrial robot）であった。

### 【0004】

アーム式ロボットのように、ある特定の場所に植設して用いるような据置きタイプのロボットは、部品の組立・選別作業など固定的・局所的な作業空間でのみ活動する。これに対し、移動式のロボットは、作業空間は非限定的であり、所定の経路上または無経路上を自在に移動して、所定の若しくは任意の人的作業を代行したり、ヒトやイヌあるいはその他の生命体に置き換わる種々の幅広いサービスを提供したりすることができる。なかでも脚式の移動ロボットは、クローラ式やタイヤ式のロボットに比し不安定で姿勢制御や歩行制御が難しくなるが、階段や梯子の昇降や障害物の乗り越えや、整地・不整地の区別を問わない柔軟な歩行・走行動作を実現できるという点で優れている。

### 【0005】

最近では、イヌやネコのように4足歩行の動物の身体メカニズムやその動作を模したペット型ロボット、あるいは、ヒトのような2足直立歩行を行う動物の身



体メカニズムや動作をモデルにしてデザインされた「人間形」若しくは「人間型」と呼ばれるロボット (humanoid robot) など、脚式移動ロボットに関する研究開発が進展し、実用化への期待も高まってきている。

#### 【 0 0 0 6 】

また、ヒトの生体メカニズムや動作を再現した脚式移動ロボットのことを、特に、「人間形」、若しくは「人間型」のロボット (humanoid robot) と呼ぶ。人間型ロボットは、例えば、生活支援、すなわち住環境その他の日常生活上のさまざまな場面における人的活動の支援などを行なうことができる。

#### 【 0 0 0 7 】

人間の作業空間や居住空間のほとんどは、2足直立歩行という人間が持つ身体メカニズムや行動様式に合わせて形成されおり、車輪その他の駆動装置を移動手段とした現状の機械システムが移動するには多くの障壁が存在する。したがって、機械システムすなわちロボットがさまざまな人的作業を代行し、さらに人間の住空間に深く浸透していくためには、ロボットの移動可能範囲が人間のそれとほぼ同じであることが好ましい。これが、脚式移動ロボットの実用化が大いに期待されている所以でもある。

#### 【 0 0 0 8 】

この種の脚式移動ロボットは、一般に、多数の関節自由度を備え、関節の動きをアクチュエータ・モータで実現するようになっている。また、各モータの回転位置、回転量などを取り出して、サーボ制御を行なうことにより、所望の動作パターンを再現するとともに、姿勢制御を行なうようになっている。

#### 【 0 0 0 9 】

関節自由度を構成するサーボ・モータを小型且つ高性能に設計・製作しなければならない。このため、脚式移動ロボットの関節アクチュエータとして適用することができる、ギア直結型で且つサーボ制御系をワンチップ化してモータ・ユニットに内蔵したタイプの小型 A C サーボ・モータなどが既に存在する（例えば、特許文献 1 を参照のこと）。

#### 【 0 0 1 0 】

ところが、従来のユニット化されたアクチュエータは、アクチュエータ本体か

ら電源及び制御信号用のハーネスが出現している。また、アクチュエータ・モータの回転子に連結された出力軸部には、構造材と接続するための機構しか付加されていない。

#### 【0011】

このため、ユーザ（又は設計者）がこうしたアクチュエータ・ユニットを用いて多軸ロボットを構築する場合、幾つもの可動部を経由するハーネスの引き回し設計を行なう必要がある。

#### 【0012】

また、脚式移動ロボットの姿勢安定制御や歩行時の転倒防止に関する提案の多くは、ZMP（Zero Moment Point）を歩行の安定度判別の規範（例えば、非特許文献1を参照のこと）として用いている。ZMP規範に基づく2足歩行パターン生成によれば、足底着地点をあらかじめ設定することができ、路面形状に応じた足先の運動学的拘束条件を考慮し易いなどの利点がある。また、ZMPを安定度判別規範とすることは、力ではなく軌道を運動制御上の目標値として扱うことを意味するので、技術的に実現可能性が高まる。

#### 【0013】

ここで、脚式ロボットをZMP方程式に従って厳密に運動制御することを考えると、制御に用いるローカル座標限定の世界座標における加速度と、ローカル座標系における機体各部の位置（姿勢）、加速度、そしてZMP位置と外力及び外力モーメントを計測し、その計測値をZMP方程式に導入することで、未知外力モーメント及び未知外力を同定しつつ、各部の位置、加速度を制御することが最も厳密に運動制御を行なうことになる。

#### 【0014】

例えば、傾斜計（又は加速度計）、及びジャイロを各軸（ピッチ、ロール、ヨー（X, Y, Z））に1つずつ、6軸力センサの配置位置を、外力及び外力が加わることが想定される部位毎に、実際の作用位置より離れた位置に、最小限の個数のセンサ構成で運動制御を行なう。ところが、このようなセンサ配置に基づく運動制御方式では、制御に用いるローカル座標限定加速度に加え、すべての部位の位置及び加速度を直接的に計測し、制御することは困難である。力やトルクが

作用すると路面が動いてしまう砂利上や毛足の長い絨毯上、そして、併進の摩擦係数が十分に確保できず滑りが生じ易い住居内のタイルなどでの安定歩行（運動）や、ロボット自身の構造に柔軟性を持たせることで跳躍を伴う全身運動の実現を目指したロボットの運動制御を保証することはできない。

#### 【0015】

これに対し、制御に用いるローカル座標とその座標を直接的に計測するための加速度センサや角速度センサ、速度センサを各制御点毎に配置し、さらに計算モデルで用いる各ベクトル位置に加速度センサと姿勢センサを配置するという提案がなされている（例えば、非特許文献2を参照のこと）。これによって、ZMP方程式（又は運動方程式）の導入に必要な制御パラメータ値を直接的に計測することができる。この結果、機体が剛体で外力などの印加で変形しないという条件を前提としないで厳密な運動制御を応答性よく実現することができる。

#### 【0016】

しかしながら、このように機体の姿勢安定制御に万全を期そうとした場合、機体のさまざまな部位に隙間なく加速度センサや角速度センサ、速度センサを配置する必要がある。このような場合、局部からのセンサ出力を中央の制御ユニットに伝達するためには、幾つもの可動部を経由するハーネスの引き回し設計を行なう必要がある。

#### 【0017】

また、この種の自由度の高い脚式移動ロボットは、あらゆる環境下での使用が想定され、機械的な可動部を持ち、その可動部の動作によって人間との情報のやりとりやエンタテインメントを目的としており、機体の制御系が保証する運用条件を逸脱するような場面が多々存在する。例えば、人間が接触して触覚による情報授受を行なう場合、玩具などのロボットと異なり、人間はそのロボットの動作を予期することが困難であり、可動部によって指などを挟み込まれる危険があるという課題がある。また、その危険による恐怖感のために情報の授受を楽しむことが困難となるという問題も発生している。

#### 【0018】

このため、例えば肘や膝など可動範囲が広くユーザの挟み込みや巻き込みを引

き起こす危険のある関節部位にトルク・センサを配設し、これらセンサ出力を基に挟み込みや巻き込みを自動検出するシステムなどが提案されている（例えば、特許文献 2 を参照のこと）。この場合、脚式移動ロボットは、所定の部位においてユーザの手指などの挟み込みを検出すると、これを回避するための動作を実行する。これによって、機械的な可動部の動作によって人間との情報のやりとりやエンタテインメントを目的としたロボットが人の手指などを動作によって挟み込む危害を防止することができる。この場合、安全なロボットを提供でき、加えて恐怖感などを人に与えることがなくなり、ロボットとの情報授受を安心して楽しめるという効果がある。

#### 【 0 0 1 9 】

ところが、ロボットの可動時における危険回避に関し、さらに万全を期そうとした場合、機体のさまざまな関節部位に隙間なくトルク・センサや温度センサなどを配置する必要がある。挟み込みや他物体との干渉に関し、さらに詳細に言及するならば、トルク検出などアクチュエータ内部のセンサ情報だけでは不十分であり、感圧センサを外筐に配置するなどアクチュエータ外部のセンサ情報が必要である。

#### 【 0 0 2 0 】

このような場合、局部からのセンサ出力を中央の制御ユニットに伝達するためには、幾つもの可動部を経由するハーネスの引き回し設計を行なう必要がある。

#### 【 0 0 2 1 】

アクチュエータの駆動制御用の信号線に加え、上記のセンサ信号伝送用の信号線を勘案した場合、機体のハーネスの引き回し設計は不可能に等しい状況となってくる。

#### 【 0 0 2 2 】

##### 【特許文献 1】

特開 2 0 0 0 - 2 9 9 9 7 0 号公報

##### 【特許文献 2】

特開 2 0 0 2 - 3 4 2 9 6 3 号公報

##### 【非特許文献 1】

Miomir Vukobratovic 著 "LEGGED LOCOMOTION ROBOTS" (加藤一郎外著『歩行ロボットと人工の足』(日刊工業新聞社))

【非特許文献 2】

特願 2 0 0 2 - 2 9 7 2 0 7

【0 0 2 3】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するセンサや接触センサや感圧センサなど外界との接触や衝突を検知するセンサを配置する優れた脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置を提供することにある。

【0 0 2 4】

本発明のさらなる目的は、位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するセンサを各関節アクチュエータ毎に内蔵するとともに、外界との接触や衝突を検知するセンサをアクチュエータ外部に配設した優れた脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置を提供することにある。

【0 0 2 5】

本発明のさらなる目的は、各関節アクチュエータの駆動制御用の信号、アクチュエータ内蔵センサの出力信号、並びにアクチュエータ外に配設されたセンサの出力信号を好適に上位制御系と交信することができる、優れた脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置を提供することにある。

【0 0 2 6】

【課題を解決するための手段及び作用】

本発明は、上記課題を参酌してなされたものであり、その第 1 の側面は、少なくとも複数本の可動脚を備え、各関節自由度がアクチュエータ装置によって実現される脚式移動ロボットであって、

位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエ

ータ駆動状況を検知するセンサを各関節アクチュエータ装置毎に内蔵するとともに、外界との接触や衝突を検知するセンサをアクチュエータ装置の外部に配設し、

前記アクチュエータ装置は、当該装置外部に配設された1以上のセンサからのセンサ信号を取り込むための入力インターフェースと、内蔵センサ及び外部センサから取り込んだセンサ信号のノイズ除去などの信号処理部と、上位制御系からのコマンドに従ったアクチュエータ・モータの駆動制御やセンサ情報の処理などの演算処理を行なう演算処理部を備える、ことを特徴とする脚式移動ロボットである。

#### 【0027】

本発明の第1の側面に係る脚式移動ロボットにおいて、機体の関節自由度を構成する各アクチュエータは、位置センサ、角速度センサ、加速度センサ、温度センサ、トルク・センサといったアクチュエータの駆動に関する情報を検知するセンサ類を内蔵している。

#### 【0028】

また、機体上にはアクチュエータ間を接続するバス（共通信号線路）が構成されており、上位制御系とのアクチュエータの駆動制御信号の授受や、アクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報の伝達は、このバスを利用して行なわれる。この種のバスは、例えばUSB（Universal Serial Bus）などのバス・インターフェース規格に基づいて設計し、高速のシリアル通信を実現することができる。

#### 【0029】

また、各アクチュエータ装置は、装置外部に配設された接触センサやその他のセンサからの1以上のセンサ信号を得るための入力インターフェースを備えている。さらにアクチュエータ装置内では、これら1以上のセンサ入力を受け付ける信号処理回路とその演算能力を備え、さらにアクチュエータ装置のバス・インターフェースは、外部センサから取り込んだセンサ信号の処理結果をバス転送するように構成されている。

#### 【0030】

また、機体上の任意の場所の接触センサからの出力を、配線経路が最短となる（又は、関節駆動の干渉とならない）最寄りのアクチュエータ装置に入力する。そして、アクチュエータ装置内では、この外部センサの出力を信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理を施す。そして、これらの処理結果を、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報とともに、バス転送して、上位制御系へ送信する。

#### 【0031】

すなわち、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報、並びにアクチュエータ装置外のセンサからのセンサ情報はすべてバスを利用して上位制御系へ伝達される。

#### 【0032】

したがって、アクチュエータ装置の外部に配設されたセンサからのセンサ情報を上位制御系へ伝達する際の、浮遊容量の影響や、配線のインピーダンス増による高周波ノイズが信号に重畳されるという問題を解決することができる。また、機体の配線構造を簡素化することができるので、設計が容易になるとともに、配線過多に伴う動作負荷の増大や、動作繰り返しによる配線の損傷などの問題も解決することができる。

#### 【0033】

また、左右の脚部や腕部など、各可動ユニット毎に伝送信号線を集結するハブ装置を配設することにより、さらに配線構造の簡素化を実現することができる。

#### 【0034】

また、本発明の第2の側面は、脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置であって、

アクチュエータ・モータと、

位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するための装置内蔵センサと、

外界との接触や衝突を検知するために当該装置外部に配設された1以上のセンサからのセンサ信号を取り込むための入力インターフェースと、

前記装置内蔵センサ及び外部センサから取り込んだセンサ信号のノイズ除去な

どの信号処理部と、

上位制御系からのコマンドに従った前記アクチュエータ・モータの駆動制御やセンサ情報の処理などの演算処理を行なう演算処理部と、  
を具備することを特徴とする脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置である。

#### 【0035】

ここで、前記装置内蔵センサは、位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサ、温度センサのうち少なくとも1つを含むものとする。

#### 【0036】

また、前記外部センサは、外界との接触や衝突を検知するための接触センサ又は感圧センサである。

#### 【0037】

そして、脚式移動ロボットの関節軸として適用されたとき、アクチュエータ装置は、配線経路が最短となるような最寄りの外部センサから前記入力インターフェースを介してセンサ信号を取り込むようにする。

#### 【0038】

本発明の第2の側面に係るアクチュエータ装置によれば、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報、並びにアクチュエータ装置外のセンサからのセンサ情報はすべてバスを利用して上位制御系へ伝達される。

#### 【0039】

したがって、アクチュエータ装置の外部に配設されたセンサからのセンサ情報を上位制御系へ伝達する際の、浮遊容量の影響や、配線のインピーダンス増による高周波ノイズが信号に重畳されるという問題を解決することができる。また、機体の配線構造を簡素化することができるので、設計が容易になるとともに、配線過多に伴う動作負荷の増大や、動作繰り返しによる配線の損傷などの問題も解決することができる。

#### 【0040】

本発明のさらに他の目的、特徴や利点は、後述する本発明の実施形態や添付す



る図面に基づくより詳細な説明によって明らかになるであろう。

#### 【0 0 4 1】

##### 【発明の実施の形態】

以下、図面を参照しながら本発明の実施形態について詳解する。

#### 【0 0 4 2】

図 1 及び図 2 には、本発明の実施形態に係る脚式移動ロボット 1 0 0 の外観構成を示している。この脚式移動ロボット 1 0 0 は、2 脚 2 腕を有する「人間形」又は「人間型」と呼ばれるものであり、胴体部と、頭部と、左右の上肢部と、脚式移動を行う左右 2 足の下肢部とで構成され、例えば胴体に内蔵されている制御部（図示しない）により機体の動作を統括的にコントロールするようになっている。

#### 【0 0 4 3】

左右各々の下肢は、大腿部と、膝関節と、脛部と、足首と、足平とで構成され、股関節によって体幹部の略最下端にて連結されている。また、左右各々の上肢は、上腕と、肘関節と、前腕とで構成され、肩関節によって体幹部の上方の左右各側縁にて連結されている。また、頭部は、首関節によって体幹部の略最上端中央に連結されている。

#### 【0 0 4 4】

制御部は、この脚式移動ロボット 1 0 0 を構成する各関節アクチュエータの駆動制御や各センサ（後述）などからの外部入力进行处理するコントローラ（主制御部）や、電源回路その他の周辺機器類を搭載した筐体である。制御部は、その他、遠隔操作の通信インターフェースや通信装置を含んでいてもよい。

#### 【0 0 4 5】

また、図 3 には、この脚式移動ロボット 1 0 0 が具備する関節自由度構成を模式的に示している。各関節軸の駆動にはアクチュエータ・モータが適用される。

#### 【0 0 4 6】

頭部を支持する首関節（N e c k）は、首関節ヨー軸と、第 1 及び第 2 の首関節ピッチ軸と、首関節ロール軸という 4 自由度を有している。

#### 【0 0 4 7】

また、左右の各腕部はそれぞれ、その関節自由度として、肩（Shoulder）における肩関節ピッチ軸と、肩関節ロール軸と、肩関節ヨー軸、肘（Elbow）における肘関節ピッチ軸という4自由度を備えている。さらに腕部の先端に配設される手部は、実際には、複数本の指を含む多関節・多自由度構造体（図示しない）である。

#### 【0048】

また、体幹部（Body又はTrunk）は、体幹ピッチ軸と、体幹ロール軸という2自由度を有する。

#### 【0049】

また、下肢を構成する左右各々の脚部は、股関節（Hip又はThigh）における股関節ヨー軸と、股関節ピッチ軸と、股関節ロール軸と、膝（Knee）における膝関節ピッチ軸と、足首（Ankle）における足首関節ピッチ軸と、足首関節ロール軸という6自由度を備えている。また、脚部の下端には、通常歩行時の着床部位としての足部が配設されている。

#### 【0050】

図1～図3に示すように構成された脚式移動ロボット100は、制御部による全身協調的な動作制御により、2足歩行を実現することができる。かかる2足歩行は、一般に、以下に示す各動作期間に分割される歩行周期を繰り返すことによって行われる。すなわち、

#### 【0051】

- (1) 右脚を持ち上げた、左脚による単脚支持期
- (2) 右足が接地した両脚支持期
- (3) 左脚を持ち上げた、右脚による単脚支持期
- (4) 左足が接地した両脚支持期

#### 【0052】

本実施形態に係る脚式移動ロボット100は、ZMP（Zero Moment Point）を機体の姿勢安定度判別の規範として用いている。ZMPによる安定度判別規範は、系が適切なZMP空間を形成し、支持多角形の内側にZMPがある場合は、系に回転運動や並進運動が発生せず、回転や並進に関する運動方程式を解く必要

がない。但し、支持多角形の内側に ZMP がない場合や、外界に対する支持作用点が存在しない場合は、ZMP 方程式に代えて、運動方程式を解く必要がある。

### 【0053】

機体の ZMP 方程式は、制御目標点において印加される各モーメントの釣り合い関係を記述したものである。世界座標系（O-X Y Z）で記述された機体の ZMP 釣り合い方程式、並びに機体のローカル座標系（O-X' Y' Z'）で記述された機体の ZMP 釣り合い方程式はそれぞれ以下の通りとなる。

### 【0054】

【数1】

$$\sum_i^{all-particles} m_i (r_i - P_{zmp}) \times \ddot{r}_i + T - \sum_j M_j - \sum_k (S_k - P_{zmp}) \times F_k = 0$$

$$r = r' + Q$$

### 【0055】

【数2】

$$\sum_i^{all-particles} m_i (\bar{r}_i - \bar{P}_{zmp}) \times (\ddot{\bar{r}} + \ddot{\bar{Q}}) + T - \sum_j M_j - \sum_k (\bar{S}_k - \bar{P}_{zmp}) \times F_k = 0$$

$$\sum_i^{all-particles} m_i \bar{r}_i \times (\ddot{\bar{r}} + \ddot{\bar{Q}}) - \sum_i^{all-particles} m_i \bar{P}_{zmp} \times (\ddot{\bar{r}} + \ddot{\bar{Q}}) + T - \sum_j M_j - \sum_k (\bar{S}_k - \bar{P}_{zmp}) \times F_k = 0$$

$$\ddot{r} = \ddot{\bar{r}} + \ddot{\bar{Q}}$$

### 【0056】

上記の各式は、各質点（又は制御点） $m_i$ において印加された加速度成分により生成される ZMP 回り（半径  $r_i - r_{zmp}$ ）のモーメントの総和と、各質点  $m_i$  に印加された外力モーメント  $M_i$  の総和と、外力  $F_k$  により生成される ZMP 回り（ $k$  番目の外力  $F_k$  の作用点を  $s_k$  とする）のモーメントの総和が釣り合うという

ことを記述している。

#### 【0057】

このZMP釣合い方程式は、総モーメント補償量すなわちモーメント・エラー成分Tを含んでいる。このモーメント・エラーをゼロ又は所定の許容範囲内に抑えることによって、機体の姿勢安定性が維持される。すなわち、モーメント・エラーをゼロ又は許容値以下となるように機体運動を修正することが、ZMPを安定度判別規範とした姿勢安定制御の本質である。

#### 【0058】

本実施形態に係る脚式移動ロボット100は、外界と接触する各部位にZMPと力を直接計測する反力センサ・システムを配置する。また、運動制御に用いるローカル座標とその座標を直接的に計測するための速度センサや加速度センサ、角度センサを機体の各部位配置し、さらに計算モデルで用いている各ベクトル位置に加速度センサと姿勢センサを機体の各部位に配置する。

#### 【0059】

本実施形態に係る運動制御用のセンサ・システムは、各アクチュエータの重心付近に、加速度、角加速度、加速度センサを搭載することによって構成されている。すなわち、機体上の主な質量集中部位としての各アクチュエータの重心付近を制御点として、各制御点において印加される加速度成分を制御点毎に直接計測し、これにより生成される制御点におけるZMP回りのモーメント項、制御点に印加される外力モーメント項、制御点に印加される外力により生成されるZMP回りのモーメント項を、各部位毎に直接算出することができる。

#### 【0060】

そして、中央の制御ユニットにおいては、各制御点から集められたこれらモーメント項を順次加算してその総和をとることで、より厳密なZMP釣合い方程式を直接的に導入することができる。また、各制御点毎にモーメント項を直接計測していることから、機体が剛体で外力などの印加で変形しないという条件を前提としないで厳密な運動制御を応答性よく実現することができる。

#### 【0061】

図4には、脚式移動ロボット100の機体上の各アクチュエータの重心付近に

加速度、角加速度、角速度センサを搭載している様子を示している。同図に示すように、主要な外界との接触部位として、手のひらと足底に外力センサ及び外力モーメント・センサを搭載している。

#### 【0062】

上述したように機体の姿勢安定制御に万全を期すために、機体のさまざまな部位に隙間なく加速度センサや角速度センサ、速度センサを配置した場合、局部からのセンサ出力を中央の制御ユニットに伝達するためには、幾つもの可動部を経由するハーネスの引き回し設計を行なう必要がある（後述）。

#### 【0063】

また、本実施形態に係る脚式移動ロボット100の場合、可動部の動作によって人間との情報のやりとりやエンタテインメントを目的とし、機械的な可動範囲が広いため、ユーザの指やその他の異物をこれら可動部に挟み込んだり巻き込んだりするなど、機体の制御系が保証する運用条件を逸脱するような場面が多々存在する。

#### 【0064】

このため、例えば肘や膝など可動範囲が広くユーザの挟み込みや巻き込みを引き起こす危険のある関節部位のアクチュエータ内にトルク・センサや温度センサを配設している。この場合、脚式移動ロボット100は、所定の部位においてトルク・リミッタを検出すると、ユーザの手指や異物などの挟み込み又は巻き込みを回避するための動作を実行する。

#### 【0065】

このような場合、アクチュエータ駆動制御用の信号線とは別に各センサの出力信号線を機体に配線するという設計方法以外に、機体上のアクチュエータ間を接続するバス（共通信号線路）を構成して、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報とともにこのバスを利用して伝達するという設計方法も考えられる。

#### 【0066】

また、他物体との干渉問題や異物の挟み込み検知、ユーザの指などの保護のための挟み込み検知に関し万全を期すためには、トルク・センサや温度センサなど

アクチュエータ内部のセンサ情報だけでは十分な検知結果を得ることができない。

#### 【0067】

そこで、本実施形態では、さらに、機体が外界との接触したこと（すなわち接触情報）を検知するための接触センサを各部位に配置して、アクチュエータ外部のセンサ情報を得るようにしている。接触センサとして、例えば感圧式や静電容量式のセンサが適用される。

#### 【0068】

図5には、脚式移動ロボット100の全身の各部位に、ユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込み（pinch）を検出する接触センサを配置した様子を模式的に示している。

#### 【0069】

頭部には、首関節ロール軸の駆動により左右の頬と肩における挟み込み又は巻き込み（pinch）を検出するための接触センサ（R/L\_\_neck\_\_pinch\_\_sensor）が配設されている。

#### 【0070】

左右の腕部には、外界との接触や衝突を検知するために、上腕及び前腕にそれぞれ接触センサ（R/L\_\_upper\_\_arm\_\_out-pinch\_\_sensor, R/L\_\_arm\_\_out-pinch\_\_sensor）が配設されている。

#### 【0071】

また、左右の腕部先端には、手先による外界との接触や衝突を検知するための接触センサ（R/L\_\_hand\_\_pinch\_\_sensor）が配設されている。

#### 【0072】

また、左右の腕部と胴体側面との間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するために、上腕側の接触センサ（R/L\_\_upper\_\_arm\_\_in-pinch\_\_sensor）及びこれに対応する胴体側面側の接触センサ（R/L\_\_armpit\_\_pinch\_\_sensor）、並びに、前腕側の接

触センサ (R/L\_\_a r m\_\_i n-p i n c h\_\_s e n s o r) 及びこれに対応する胴体側面側の接触センサ (R/L\_\_w a i s t\_\_p i n c h\_\_s e n s o r) がそれぞれ配設されている。

【0073】

左右の脚部には、外界との接触や衝突を検知するために、大腿及び下腿にそれぞれ接触センサ (R/L\_\_t h i g h\_\_o u t-p i n c h\_\_s e n s o r, R/L\_\_l e g\_\_o u t-p i n c h\_\_s e n s o r) が配設されている。

【0074】

また、左右の脚部の間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するために、大腿側の接触センサ (R/L\_\_t h i g h\_\_i n-p i n c h\_\_s e n s o r) 並びに、下腿側の接触センサ (R/L\_\_l e g\_\_i n-p i n c h\_\_s e n s o r) がそれぞれ配設されている。

【0075】

また、左右の足部足底には、着床又は離床を検知するための接触センサ (R/L\_\_F o o t\_\_p i n c h\_\_s e n s o r) が配設されている。

【0076】

このようにアクチュエータ外部のセンサを機体の各部位に配置した場合、局部からのセンサ出力を中央の制御ユニットに伝達するためには、幾つもの可動部を経由するハーネスの引き回し設計を行なう必要がある。

【0077】

図6には、脚式移動ロボット100の全身の各部位に配置された接触センサからのセンサ情報を上位コントローラへ伝達するためのセンサ信号を含んだ機体の配線構造の一例を示している。

【0078】

既に述べたように、機体の関節自由度を構成する各アクチュエータは、一センサ、角速度センサ、加速度センサ、温度センサ、トルク・センサといったアクチュエータの駆動に関する情報を検知するセンサ類を内蔵している。同図に示す例では、機体上のアクチュエータ間を接続するバス（共通信号線路）が構成されており、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ

情報に関しては、このバスを利用して上位制御系へ伝達される。この種のバスは、例えばUSB (Universal Serial Bus) などのバス・インターフェース規格に基づいて設計し、高速のシリアル通信を実現することができる。

#### 【0079】

一方、図5に示した接触センサなどのアクチュエータ外部に配設されたセンサ出力信号は、バス以外のセンサ信号線によって上位制御系へ伝達される。このような場合、センサ信号線は比較的長い配線となってしまう。

#### 【0080】

局部に配設された各接触センサからのセンサ信号がアナログ信号で出力されている場合、配線経路が長いことで浮遊容量の影響や、配線のインピーダンス増による高周波ノイズが信号に重畳されてしまう。このため、上位制御系では正しい接触情報が得られない可能性がある。

#### 【0081】

また、局部に配設された各接触センサからのセンサ信号をデジタル信号により通信する場合（例えば、局部毎に信号処理回路を備え、USBなどの高速シリアル通信を利用するなど）であっても、配線経路が長いことで浮遊容量の影響や、配線のインピーダンス増による高周波ノイズが信号に重畳されてしまう。この場合も、上位制御系では正しい接触情報が得られない可能性がある。

#### 【0082】

また、図1～図3に示すような脚式移動ロボット100においては、可動部分が多く且つ可動範囲が大きい構成となっているため、配線が多いと駆動時の動作の抵抗となり、制御系の想定外の負荷が発生し、機体の姿勢安定などの動作に悪影響を与えるであろう。また、動作の繰り返しに伴う疲労により配線が断線しやすい構成となる。

#### 【0083】

図7には、脚式移動ロボット100の全身の各部位に配置された接触センサからのセンサ情報を上位コントローラへ伝達するためのセンサ信号を含んだ機体の配線構造についての他の例を示している。



## 【0084】

既に述べたように、機体の関節自由度を構成する各アクチュエータは、位置センサ、角速度センサ、加速度センサ、温度センサ、トルク・センサといったアクチュエータの駆動に関する情報を検知するセンサ類を内蔵している。

## 【0085】

同図に示す例では、機体上にはアクチュエータ間を接続するバス（共通信路）が構成されており、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報はこのバスを利用して上位制御系へ伝達される。この種のバスは、例えばUSB（Universal Serial Bus）などのバス・インターフェース規格に基づいて設計し、高速のシリアル通信を実現することができる。

## 【0086】

また、各アクチュエータ装置は、装置外部に配設された接触センサやその他のセンサからの1以上のセンサ信号を得るための入力インターフェースを備えている。さらにアクチュエータ装置内では、これら1以上のセンサ入力を受け付ける信号処理回路とその演算能力を備え、さらにアクチュエータ装置のバス・インターフェースは、外部センサから取り込んだセンサ信号の処理結果をバス転送するように構成されている。

## 【0087】

機体上の任意の場所の接触センサからの出力を、配線経路が最短となる（又は、関節駆動の干渉とならない）最寄りのアクチュエータ装置に入力する。そして、アクチュエータ装置内では、この外部センサの出力を信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理を施す。そして、これらの処理結果を、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報とともに、バス転送して、上位制御系へ送信する。

## 【0088】

すなわち、図7に示す実施形態では、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報、並びにアクチュエータ装置外のセンサからのセンサ情報はすべてバスを利用して上位制御系へ伝達される。

## 【0089】

したがって、アクチュエータ装置外のセンサからのセンサ情報を上位制御系へ伝達する際の、浮遊容量の影響や、配線のインピーダンス増による高周波ノイズが信号に重畳されるという問題を解決することができる。また、機体の配線構造を簡素化することができるので、設計が容易になるとともに、配線過多に伴う動作負荷の増大や、動作繰り返しによる配線の損傷などの問題も解決することができる。

## 【0090】

また、図8には、脚式移動ロボット100の全身の各部位に配置された接触センサからのセンサ情報を上位コントローラへ伝達するためのセンサ信号を含んだ機体の配線構造についてのさらに他の例を示している。

## 【0091】

図7を参照しながら既に説明したように、アクチュエータ駆動制御用の信号、並びにセンサ出力信号の転送をすべてバス上で行なうように構成することにより、機体の配線構造を簡素化することができる。図8に示す例では、左右の脚部や腕部など、各可動ユニット毎に伝送信号線を集結するハブ装置を配設することにより、さらに配線構造の簡素化を図っている。この場合、膝や肘などの可動部を通過する配線本数を図7に示す場合よりもさらに減少することができる。

## 【0092】

図9には、脚式移動ロボット100の全身に配置されたセンサを、最寄りのアクチュエータ装置、ハブ、及びバスを経由して上位制御系へ伝達する配線構造を模式的に示している。但し、各部のセンサ信号は、アナログ信号、デジタルPWM信号、シリアル通信バスなどで構成することができる。

## 【0093】

左右の頬と肩における挟み込み又は巻き込み (pinch) を検出するための頭部の接触センサ (R/L\_neck\_pinch\_sensor) からのセンサ信号は、第1の首関節ピッチ軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

## 【0094】

そして、第1の首関節ピッチ軸駆動用のアクチュエータ装置の入出力信号線は、この部位を集線するハブに集結された後、上位制御系と相互接続される。

## 【0095】

また、前腕における外界との接触や衝突を検知するために接触センサ (R/L\_\_arm\_\_out-pinch\_\_sensor)、前腕部と胴体側面との間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するための前腕側の接触センサ (R/L\_\_arm\_\_in-pinch\_\_sensor)、並びに手先による外界との接触や衝突を検知するための接触センサ (R/L\_\_hand\_\_pinch\_\_sensor) からのセンサ信号は、それぞれ左右の肘ピッチ軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

## 【0096】

また、上腕における外界との接触や衝突を検知するために接触センサ (R/L\_\_upper\_\_arm\_\_out-pinch\_\_sensor)、並びに上腕部と胴体側面との間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するための上腕側の接触センサ (R/L\_\_upper\_\_arm\_\_in-pinch\_\_sensor) からのセンサ信号は、それぞれ左右の肩ヨー軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

## 【0097】

また、上腕部と胴体側面との間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するための上腕側の接触センサ (R/L\_\_arm\_\_pit\_\_pinch\_\_sensor) からのセンサ信号は、それぞれ左右の肩ロール軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

## 【0098】

そして、肘ピッチ軸駆動用のアクチュエータ装置、肩ヨー軸駆動用のアクチュエータ、肩ロール軸駆動用のアクチュエータの各入出力信号線は、この部位を集

線する左右のハブにそれぞれ集結された後、上位制御系と相互接続される。

【0099】

また、着床又は離床を検知するための接触センサ (R/L\_Foot\_pinch\_sensor) からのセンサ信号は、それぞれ左右の足首ピッチ軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

【0100】

また、下腿部と外界との接触や衝突を検知するための接触センサ R/L\_leg\_out-pinch\_sensor)、並びに左右の下腿部の間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するための接触センサ (R/L\_leg\_in-pinch\_sensor) からのセンサ信号は、それぞれ左右の膝ピッチ軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

【0101】

また、大腿部と外界との接触や衝突を検知するための接触センサ R/L\_thigh\_out-pinch\_sensor)、並びに左右の大腿部の間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するための接触センサ (R/L\_thigh\_in-pinch\_sensor) からのセンサ信号は、それぞれ左右の大腿 (股関節) ピッチ軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

【0102】

また、上腕部と胴体側面との間でユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込みを検出するための胴体側の接触センサ (R/L\_waist\_pinch\_sensor) からのセンサ信号は、それぞれ左右の大腿 (股関節) ロール軸駆動用のアクチュエータに入力され、このアクチュエータ装置内で信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理が施される。

【0103】

そして、足首ピッチ軸駆動用のアクチュエータ装置、膝ピッチ軸駆動用のアク

チュエータ、大腿（股関節）ピッチ軸駆動用のアクチュエータ、大腿（股関節）ロール軸駆動用のアクチュエータの各入出力信号線は、この部位を集線する左右のハブにそれぞれ集結された後、上位制御系と相互接続される。

#### 【0104】

図10には、本実施形態に係るアクチュエータ・ユニットの構成例を示している。

#### 【0105】

同図に示す関節アクチュエータは、回転子マグネットと、複数相の磁気コイルからなる固定子で構成されるモータ部と、モータ部の出力する回転を加減速するギア・ユニットと、モータ部への供給電力を制御する制御部で構成される。

#### 【0106】

制御部は例えば印刷配線板で構成され、その略中央には、センサ・ユニットが搭載されている。

#### 【0107】

センサ・ユニットは、姿勢安定制御の入力パラメータを得るための1軸～3軸の加速度センサと、1～2軸の角速度センサと、3軸の角速度センサの組み合わせで構成され、アクチュエータ・ユニットの重心付近に配設されている。この他、トルク・センサや温度センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するセンサを内蔵している。

#### 【0108】

図11には、図10に示した関節アクチュエータの機能構成を模式的に示している。同図に示すように、アクチュエータ10は、バス・インターフェース部11と、演算処理部12と、モータ制御部13と、センサ信号処理部14と、センサ入力インターフェース17を備えている。

#### 【0109】

バス・インターフェース部11は、ハブ及びバスを介した上位制御系との間でのインターフェース・プロトコルを実現する。

#### 【0110】

演算処理部12は、インターフェース部12を介して受け取ったホスト・コマ

ンドを処理してモータ制御部 13 に伝達したり、モータ制御部 13 やセンサ信号処理部 14 からのセンサ情報をインターフェース部 12 経由でホスト・コントローラに返したりする。

#### 【0111】

モータ制御部 13 は、ホスト・コマンドに従ったモータの回転を実現するための電流信号をモータ・コイル 15 に PWM (Pulse Width Modulation) 出力し、また、回転子（図示しない）の回転位置を検出する位置センサ 16 からの角度情報を取得する。

#### 【0112】

センサ信号処理部 14 は、アクチュエータ内蔵センサからのセンサ信号の信号ノイズの除去などの処理を行なう内蔵センサ用信号処理部 14 A と、アクチュエータ装置の外部に配設された外部センサ用の信号処理部 14 B で構成される。

#### 【0113】

アクチュエータ内蔵センサは、加速度センサ（X～Y）、ジャイロ・センサ（ピッチ、ロール、ヨー）、位置センサ、トルク・センサ、温度センサなど、センサ・ユニットに含まれている。

#### 【0114】

また、アクチュエータ装置の外部に配設された外部センサとして、機体各部の外筐に配設された接触センサなどが挙げられる。これら外部センサからのセンサ信号は、センサ入力インターフェース 17 を介して外部センサ用の信号処理部 14 B に取り込まれる。

#### 【0115】

図 7～図 9 を参照しながら既に説明したように、機体上の任意の場所の接触センサからの出力は、配線経路が最短となる（又は、関節駆動の干渉とならない）最寄りのアクチュエータ装置に入力する。そして、アクチュエータ装置内では、外部センサ用の信号処理部 14 B において外部センサの出力を信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理を施す。そして、これらの処理結果を、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報とともに、バス転送して、上位制御系へ送信する。

## 【 0 1 1 6 】

本実施形態に係るアクチュエータ装置によれば、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報、並びにアクチュエータ装置外のセンサからのセンサ情報はすべてバスを利用して上位制御系へ伝達される。

## 【 0 1 1 7 】

したがって、アクチュエータ装置の外部に配設されたセンサからのセンサ情報を上位制御系へ伝達する際の、浮遊容量の影響や、配線のインピーダンス増による高周波ノイズが信号に重畳されるという問題を解決することができる。また、機体の配線構造を簡素化することができるので、設計が容易になるとともに、配線過多に伴う動作負荷の増大や、動作繰り返しによる配線の損傷などの問題も解決することができる。

## 【 0 1 1 8 】

図 1 2 には、接触センサからの接触情報を用いた脚式移動ロボット 1 0 0 の機体動作の処理手順をフローチャートの形式で示している。

## 【 0 1 1 9 】

機体上の任意の部位における接触センサが接触情報を検知すると、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクを検査する（ステップ S 1）。また、他の個所のセンサの接触情報も同時に検査する（ステップ S 2）。

## 【 0 1 2 0 】

そして、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも明らかに大きいとき（ステップ S 2）、あるいは、異物を挟む関係にある接触センサが 5 0 0 ミリ秒以内にオンとなったとき（ステップ S 3）には各状況に応じた処理を実行する（ステップ S 1 0）。

## 【 0 1 2 1 】

すなわち、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも明らかに大きくなったが、異物を挟む関係にある接触センサが 5 0 0 ミリ秒以内にオンとならなかったとき（ケース 1）、あるいは、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも大きくなることはないが、異物を挟む関係にある接触センサが 5 0 0 ミリ秒以内にオンとなったとき（

ケース 2) には、異物を関節とリンクで挟んだと判断して (ステップ S 6)、異物を挟んだリンクを駆動するアクチュエータのサーボ制御器の比例ゲインを 2 分の 1 に減じ (ステップ S 7)、該当部位における機械受動性 (コンプライアンス) を上げる。また、上位制御系に対して異物挟み込み発生を通知する (ステップ S 8)。

#### 【0122】

また、接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも明らかに大きくなるとともに、異物を挟む関係にある接触センサが 500 ミリ秒以内にオンとなったときには (ケース 3)、干渉が発生したとして (ステップ S 9)、上位制御系に干渉発生を通知する (ステップ S 10)。

#### 【0123】

一方、ステップ S 2 において接触情報を検知した部位周辺のアクチュエータの発生トルクが通常時よりも大きくなることなく、且つ、ステップ S 3 において異物を挟む関係にある接触センサが 500 ミリ秒以内にオンとならなかったときには、干渉が発生したとして (ステップ S 7)、上位制御系に干渉発生を通知する (ステップ S 8)。

#### 【0124】

そして、上位制御系に対して干渉発生又は異物挟み込み発生を通知した後、ステップ S 13 では、機体の状況に応じて以下の処理を実行する。すなわち、

#### 【0125】

- (1) 干渉発生時、ZMP 規範の姿勢安定化制御が可能な範囲での動作軌道修正が可能であれば、機体動作の軌道を修正する。
- (2) 干渉発生時、ZMP 規範の姿勢安定化制御が可能な範囲での動作軌道修正が不可能であれば、機体動作を停止する。
- (3) 異物挟み込み又は巻き込み発生時には、機体動作を停止して、挟み込みや巻き込みがこれ以上進行しないようにする。

#### 【0126】

そして、実行された処理がケース 1 であった場合には、動作軌道の修正をして、各案説アクチュエータに指令を発行する (ステップ S 14)。そして、干渉を



回避できるようになるまで、動作軌道の修正を繰り返し実行する（ステップ S 15）。

【0127】

また、実行された処理がケース 2 又はケース 2 であった場合には、すべての関節アクチュエータの動作を停止する（ステップ S 16）。そして、異物挟み込みという状況が解除されるまで、アクチュエータの動作停止を継続する（ステップ S 17）。

【0128】

本実施形態によれば、例えば肘や膝など可動範囲が広くユーザの挟み込みや巻き込みを引き起こす危険のある関節アクチュエータにトルク・センサを配設するとともに、機体の各部位の外筐に外界との接触や衝突を検出する接触センサを配設し、これらセンサ出力を基に挟み込みや巻き込みを自動検出することができる。

【0129】

そして、上述したような処理手順に従って動作することにより、脚式移動ロボットは、所定の部位においてユーザの手指などの挟み込みを検出すると、これを回避するための動作を実行する。これによって、機械的な可動部の動作によって人間との情報のやりとりやエンタテインメントを目的としたロボットが人の手指などを動作によって挟み込む危害を防止することができる。この場合、安全なロボットを提供でき、加えて恐怖感などを人に与えることがなくなり、ロボットとの情報授受を安心して楽しめるという効果がある。

【0130】

[追補]

以上、特定の実施例を参照しながら、本発明について詳解してきた。しかしながら、本発明の要旨を逸脱しない範囲で当業者が該実施例の修正や代用を成し得ることは自明である。

【0131】

本発明の要旨は、必ずしも「ロボット」と称される製品には限定されない。すなわち、電氣的若しくは磁氣的な作用を用いて人間の動作に似せた運動を行う機

械装置であるならば、例えば玩具等のような他の産業分野に属する製品であっても、同様に本発明を適用することができる。

#### 【0132】

要するに、例示という形態で本発明を開示してきたのであり、本明細書の記載内容を限定的に解釈するべきではない。本発明の要旨を判断するためには、冒頭に記載した特許請求の範囲の欄を参酌すべきである。

#### 【0133】

##### 【発明の効果】

以上詳記したように、本発明によれば、位置センサ、加速度センサ、角速度センサ、トルク・センサなどのアクチュエータ駆動状況を検知するセンサを各関節アクチュエータ毎に内蔵するとともに、外界との接触や衝突を検知するセンサをアクチュエータ外部に配設した優れた脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置を提供することができる。

#### 【0134】

また、本発明によれば、各関節アクチュエータの駆動制御用の信号、アクチュエータ内蔵センサの出力信号、並びにアクチュエータ外に配設されたセンサの出力信号を好適に上位制御系と交信することができる、優れた脚式移動ロボット並びに脚式移動ロボットの関節軸として適用されるアクチュエータ装置を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

本発明の実施に供される脚式移動ロボットが直立している様子を前方から眺望した様子を示した図である。

#### 【図2】

本発明の実施に供される脚式移動ロボットが直立している様子を後方から眺望した様子を示した図である。

#### 【図3】

脚式移動ロボット100が具備する関節自由度構成を模式的に示した図である。

**【図 4】**

脚式移動ロボット 1 0 0 の機体上の各アクチュエータの重心付近に加速度、角加速度、角速度センサを搭載している様子を示した図である。

**【図 5】**

脚式移動ロボット 1 0 0 の全身の各部位に、ユーザの体の一部や異物の挟み込み又は巻き込み（pinch）を検出する接触センサを配置した様子を模式的に示した図である。

**【図 6】**

脚式移動ロボット 1 0 0 の全身の各部位に配置された接触センサからのセンサ情報を上位コントローラへ伝達するためのセンサ信号を含んだ機体の配線構造の一例を示した図である。

**【図 7】**

脚式移動ロボット 1 0 0 の全身の各部位に配置された接触センサからのセンサ情報を上位コントローラへ伝達するためのセンサ信号を含んだ機体の配線構造の他の例を示した図である。

**【図 8】**

脚式移動ロボット 1 0 0 の全身の各部位に配置された接触センサからのセンサ情報を上位コントローラへ伝達するためのセンサ信号を含んだ機体の配線構造についてのさらに他の例を示した図である。

**【図 9】**

脚式移動ロボット 1 0 0 の全身に配置されたセンサを、最寄りのアクチュエータ装置、ハブ、及びバスを経由して上位制御系へ伝達する配線構造を模式的に示した図である。

**【図 1 0】**

本発明の実施形態に係るアクチュエータ・ユニットの構成例を示した図である。

**【図 1 1】**

図 1 0 に示した関節アクチュエータの機能構成を模式的に示した図である。

**【図 1 2】**

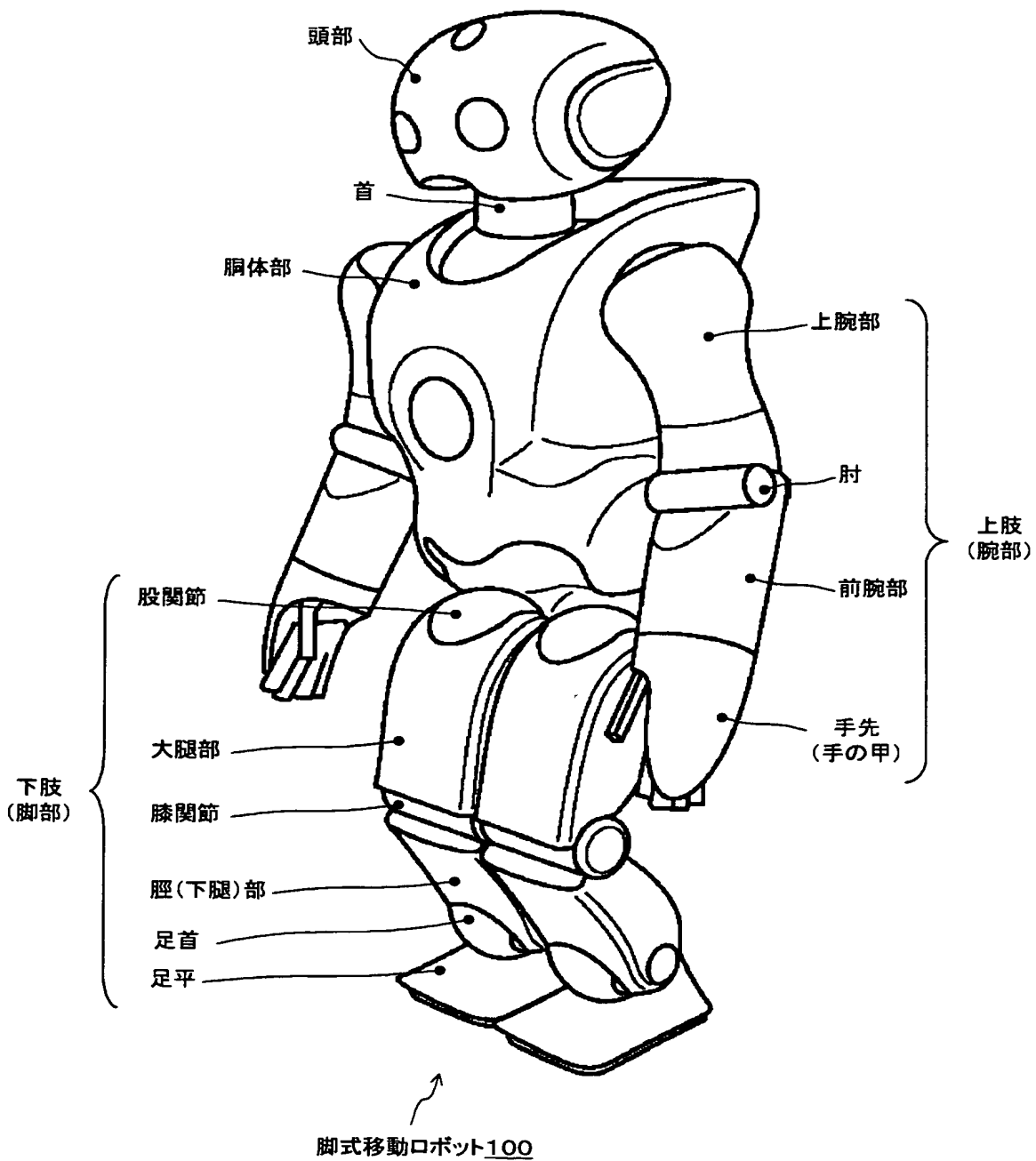
接触センサからの接触情報を用いた脚式移動ロボット 1 0 0 の機体動作の処理手順を示したフローチャートである。

**【符号の説明】**

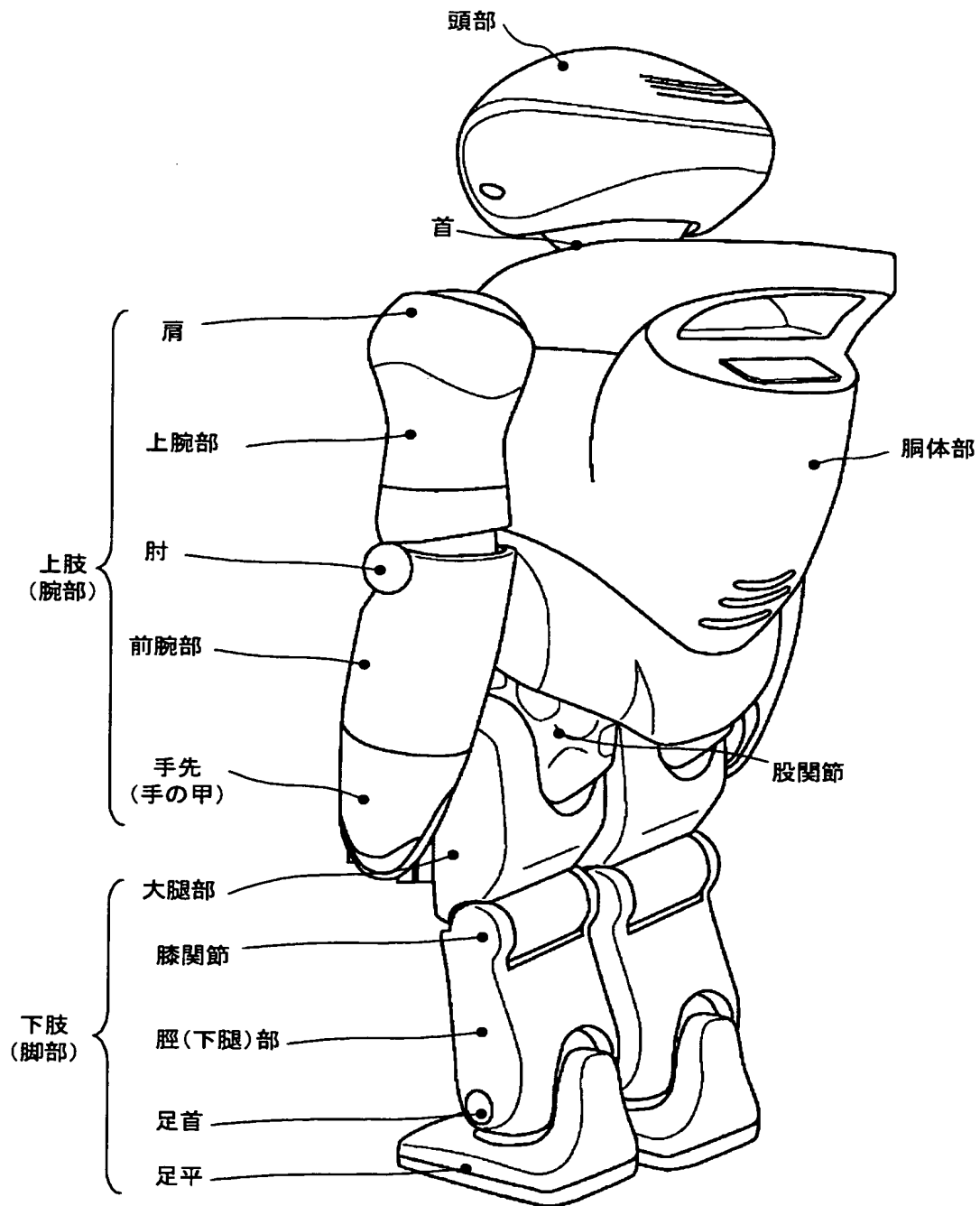
- 1 0…アクチュエータ装置
- 1 1…バス・インターフェース部
- 1 2…演算処理部
- 1 3…モータ制御部
- 1 4…センサ信号処理部
- 1 5…モータ・コイル
- 1 6…位置センサ
- 1 7…センサ入力インターフェース

【書類名】 図面

【図 1】

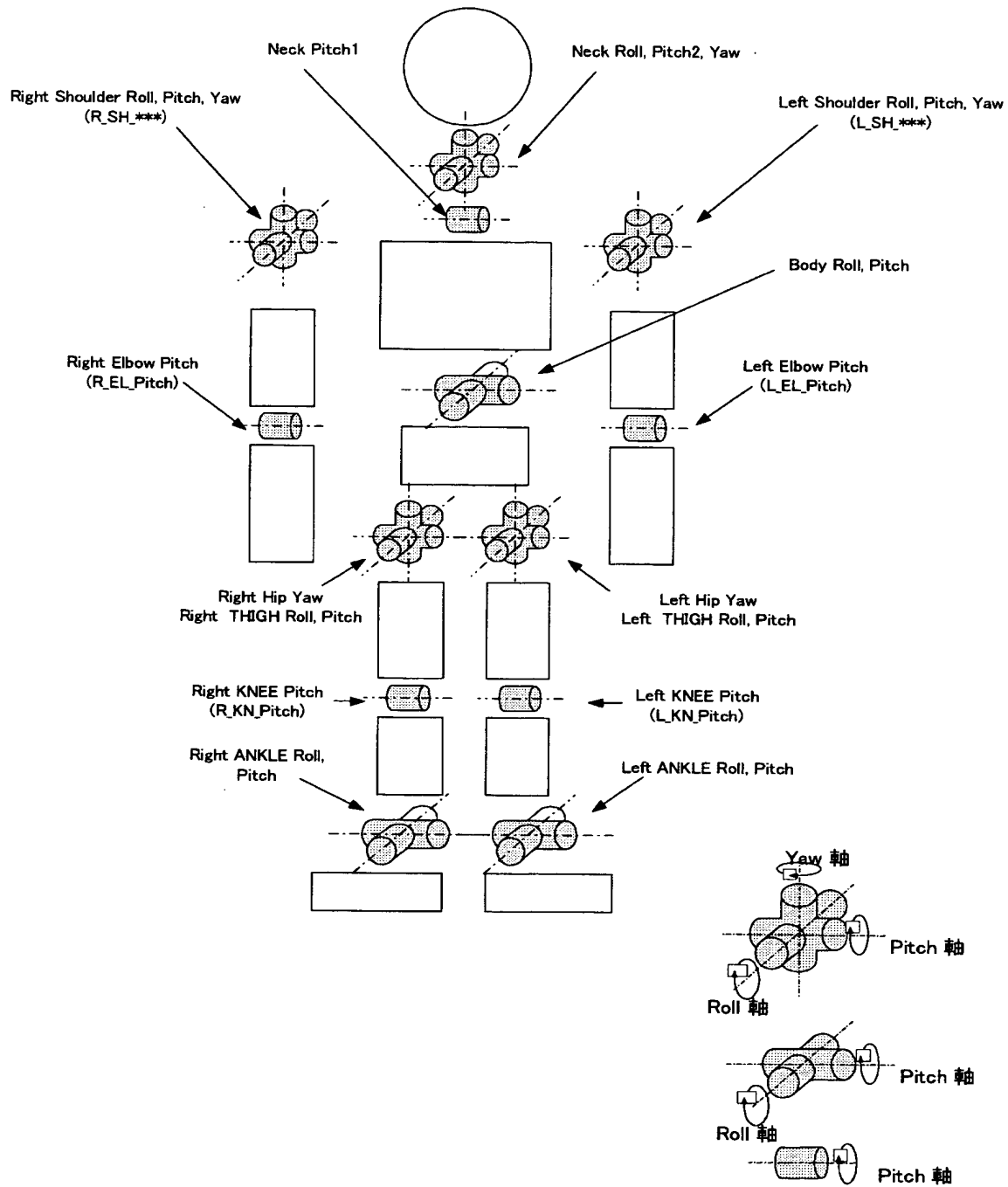


【図 2】

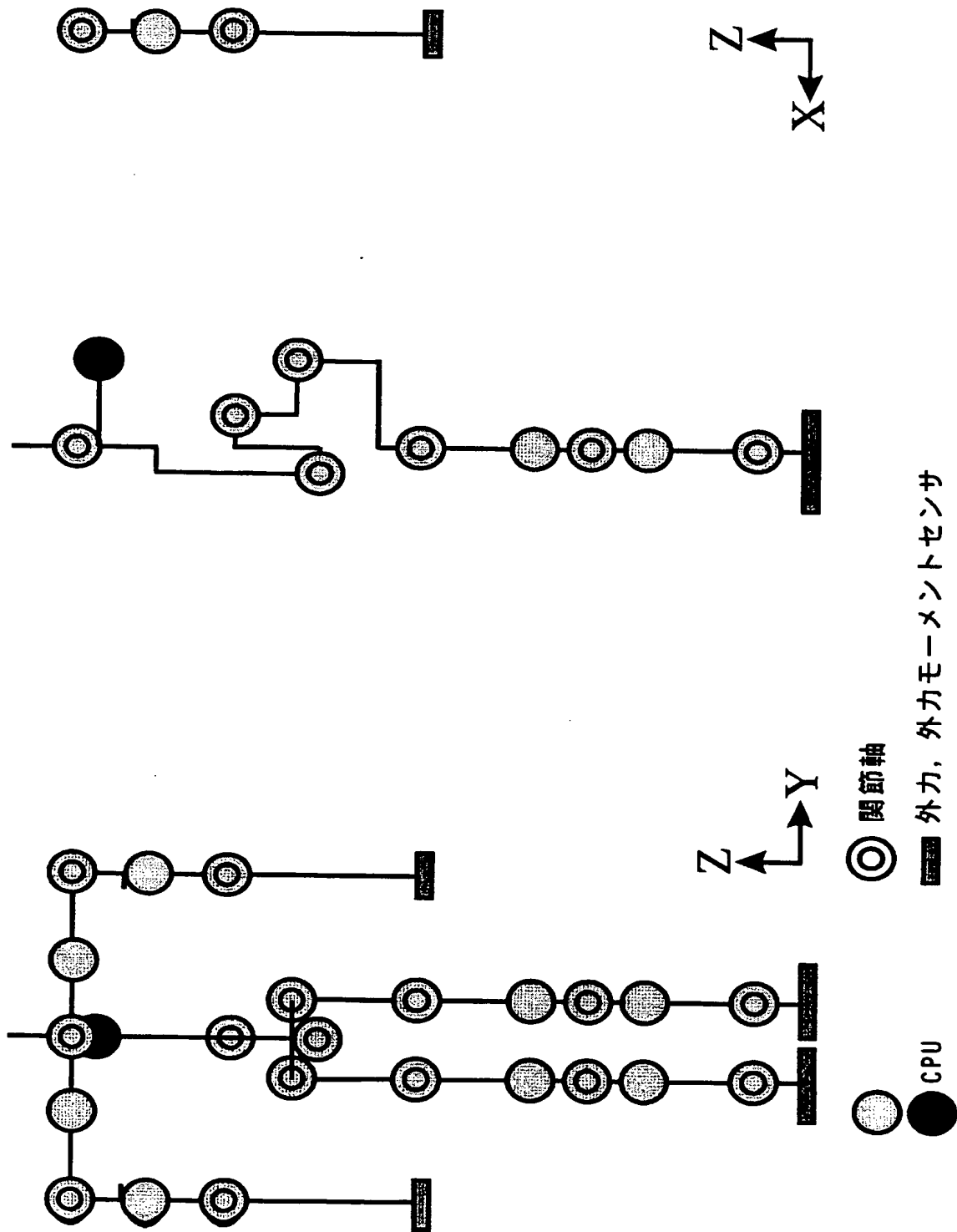


脚式移動ロボット100

【図 3】

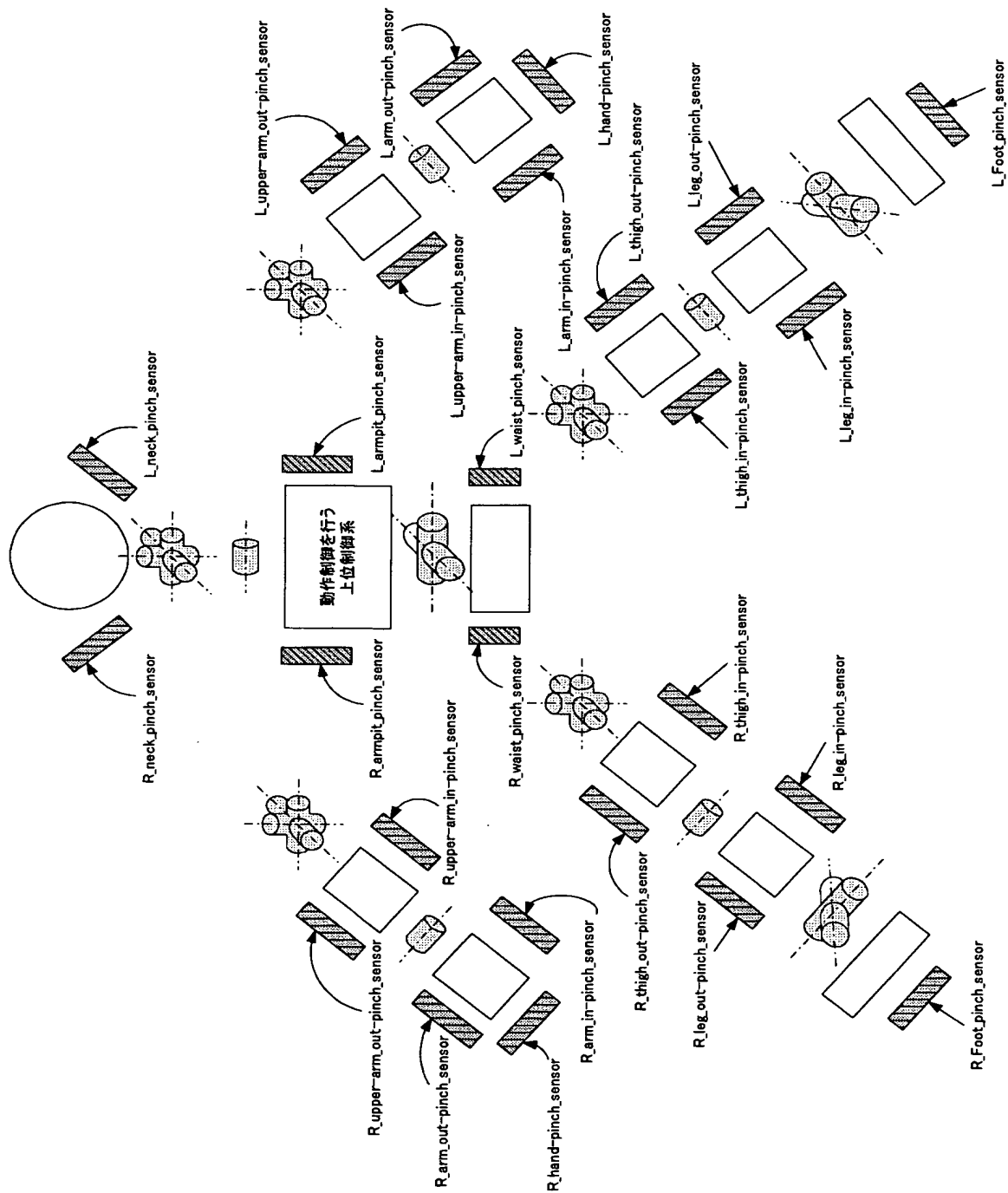


【図 4】

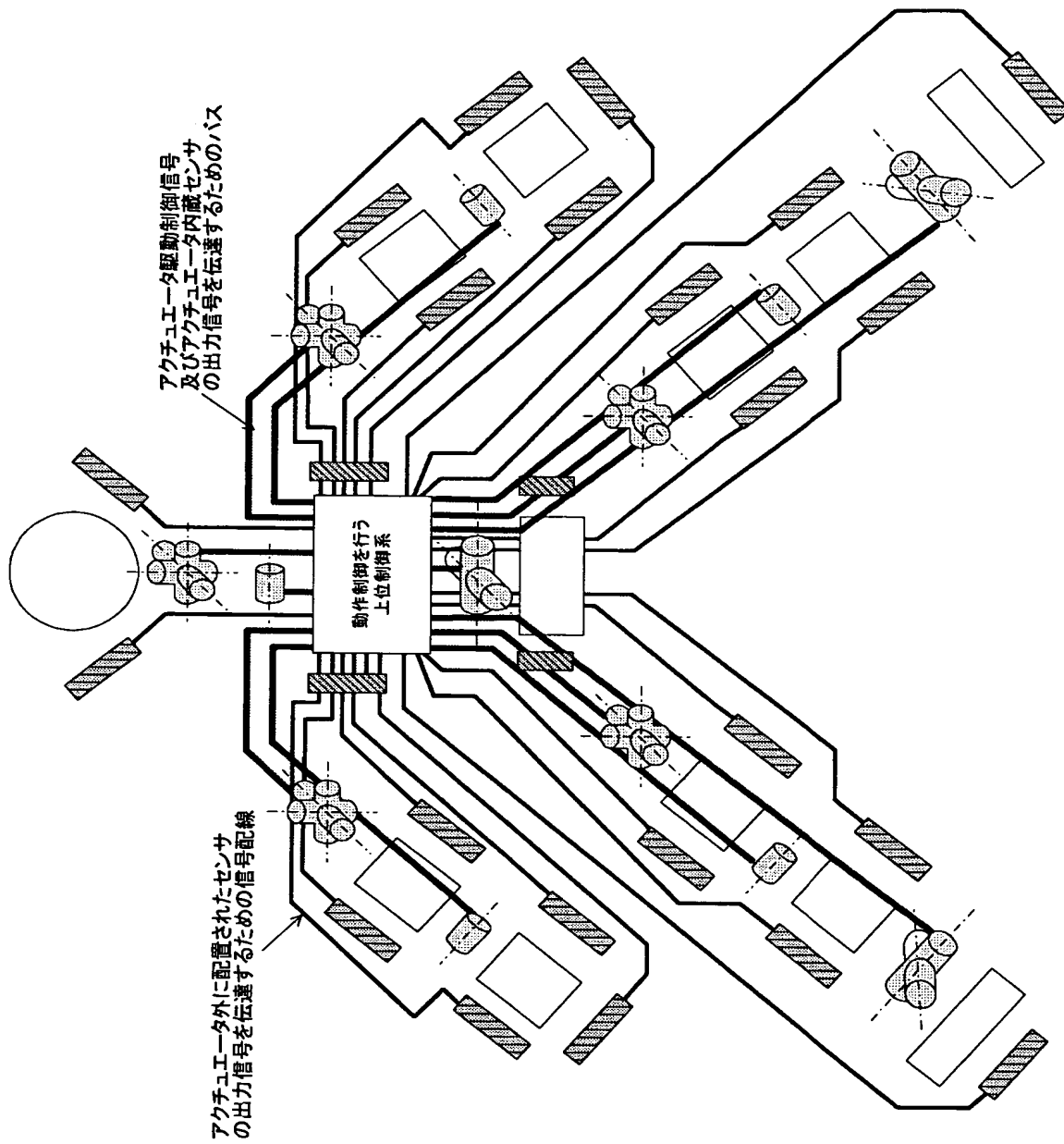




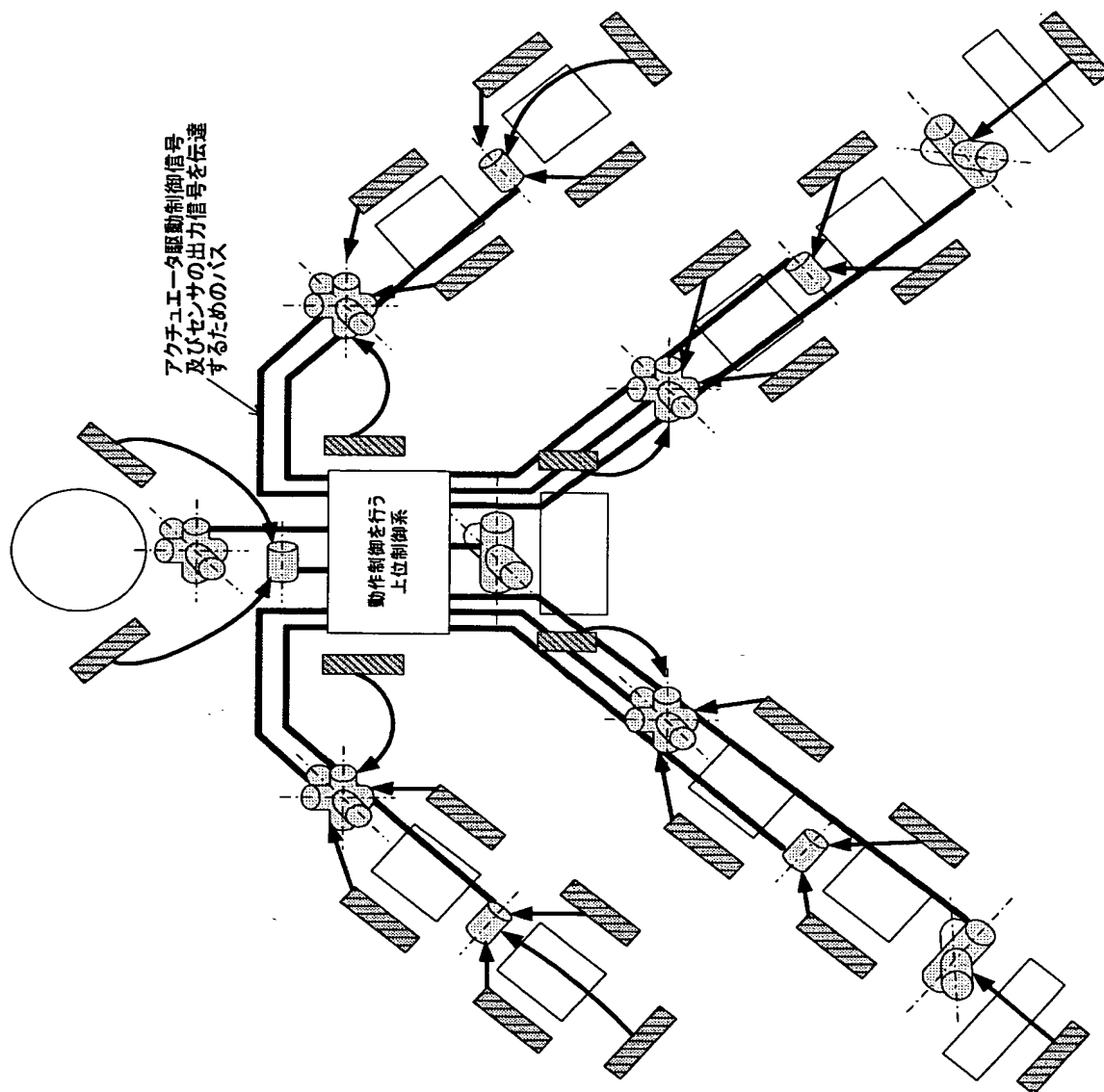
【図 5】



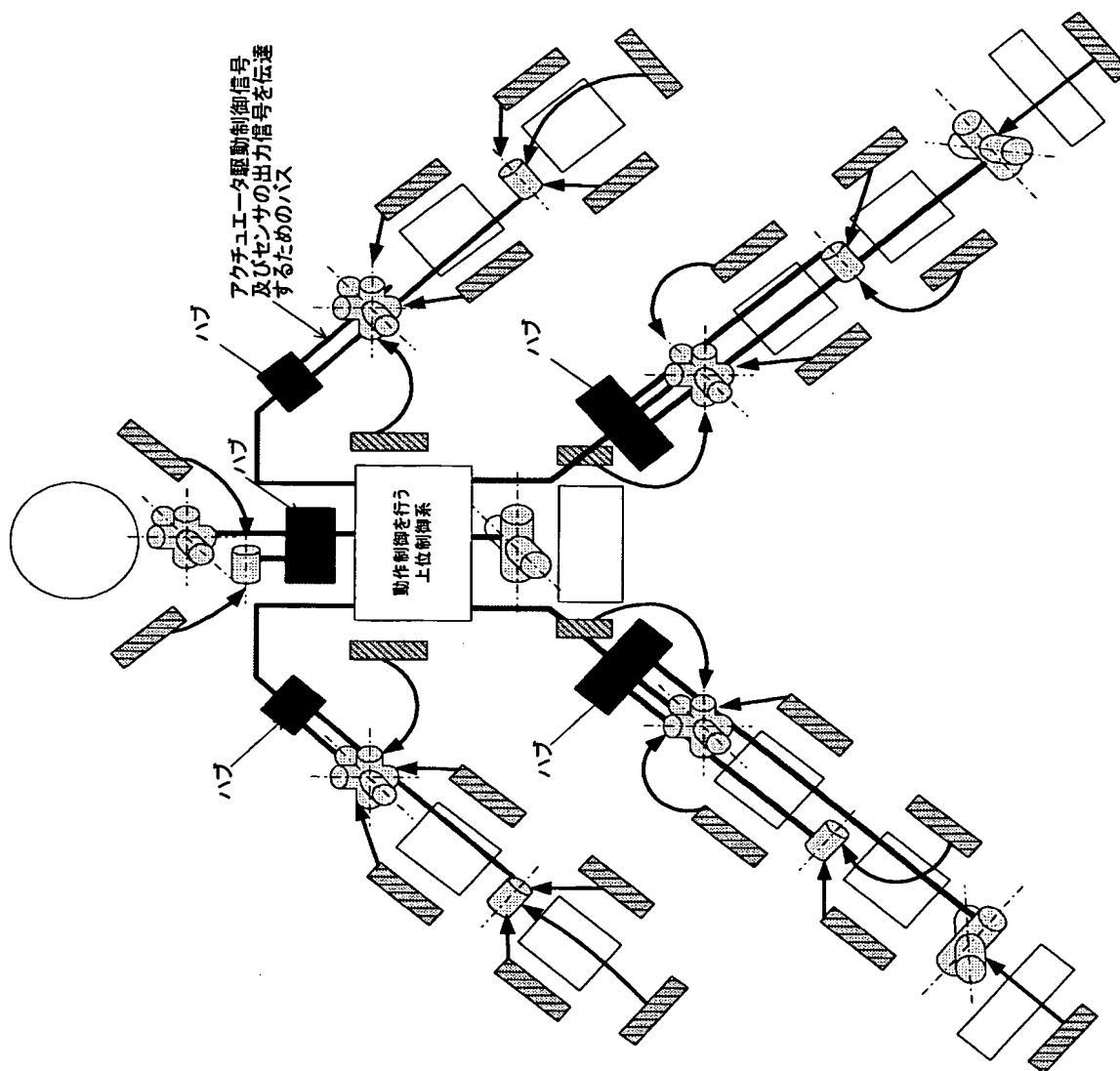
【図 6】



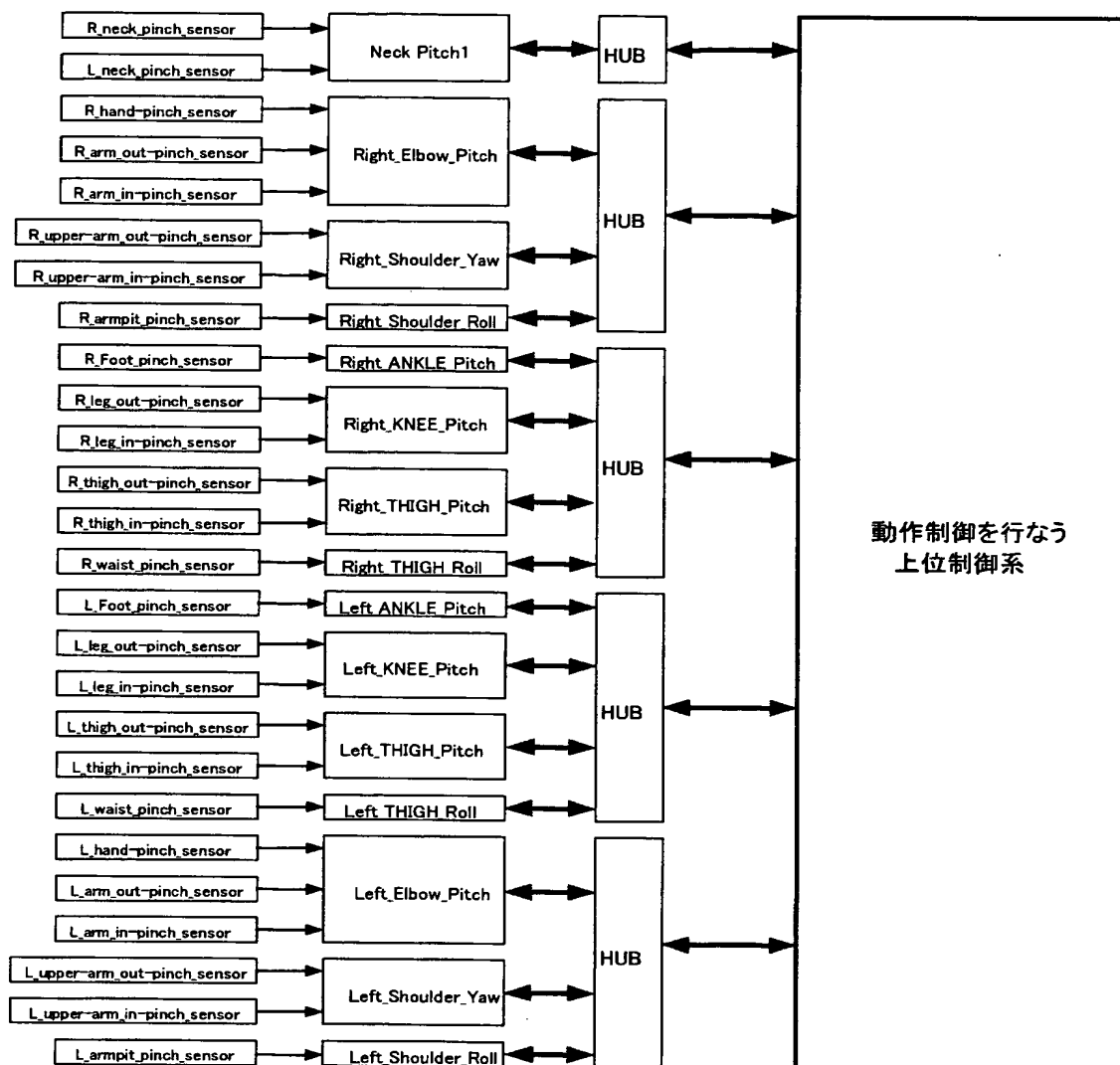
【図 7】



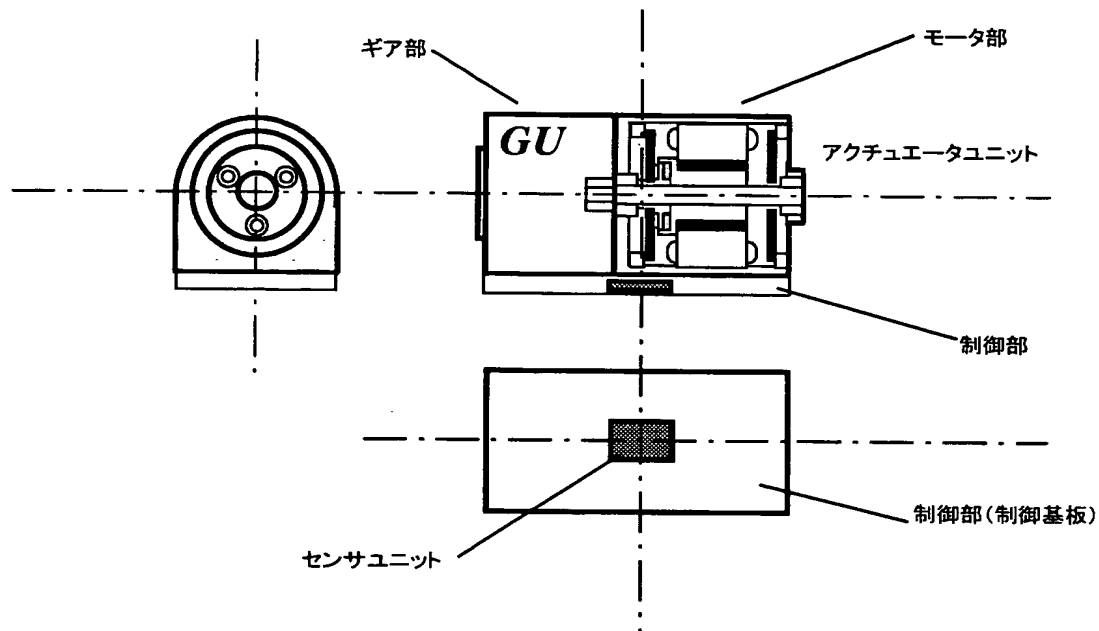
【図 8】



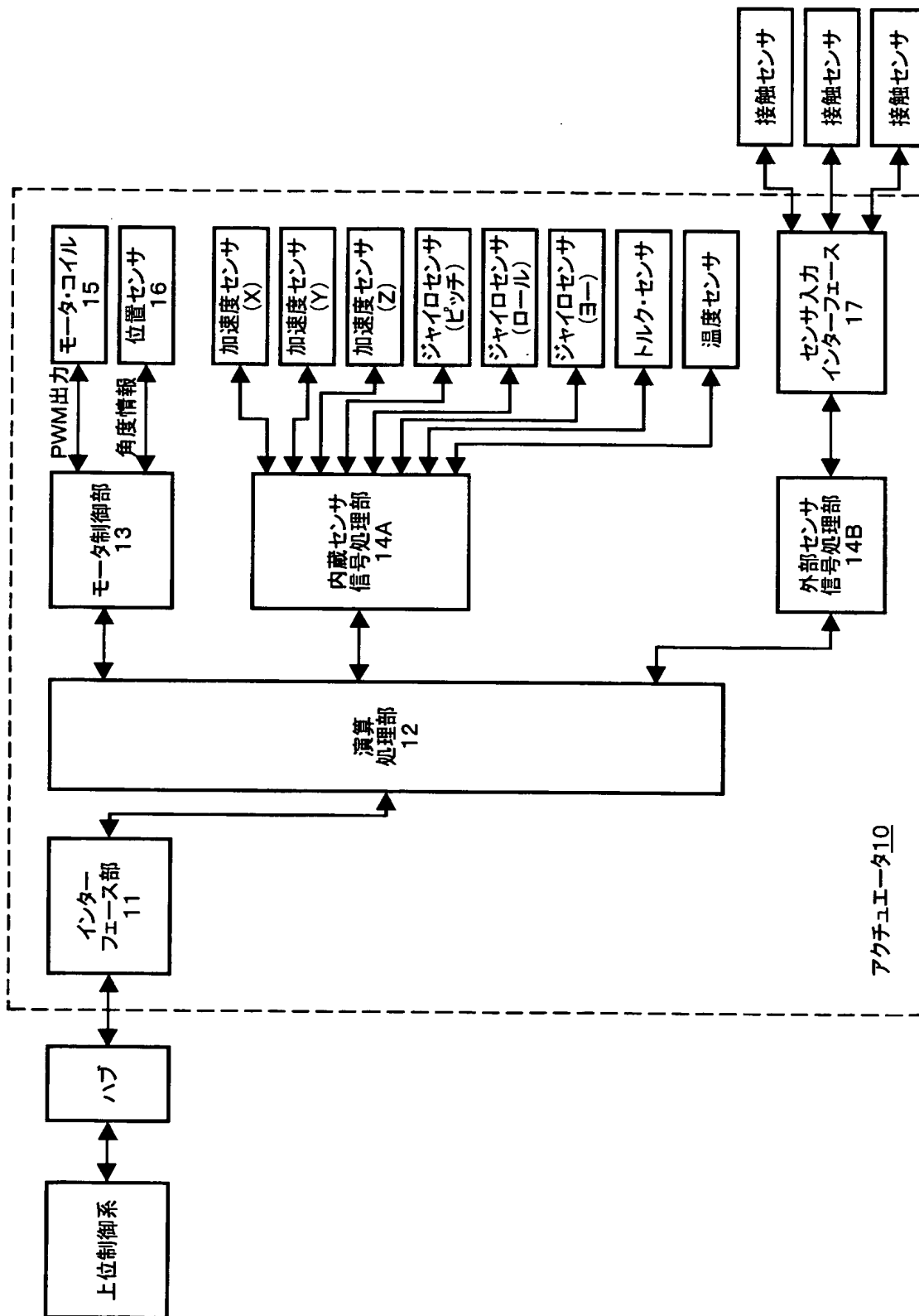
【図 9】



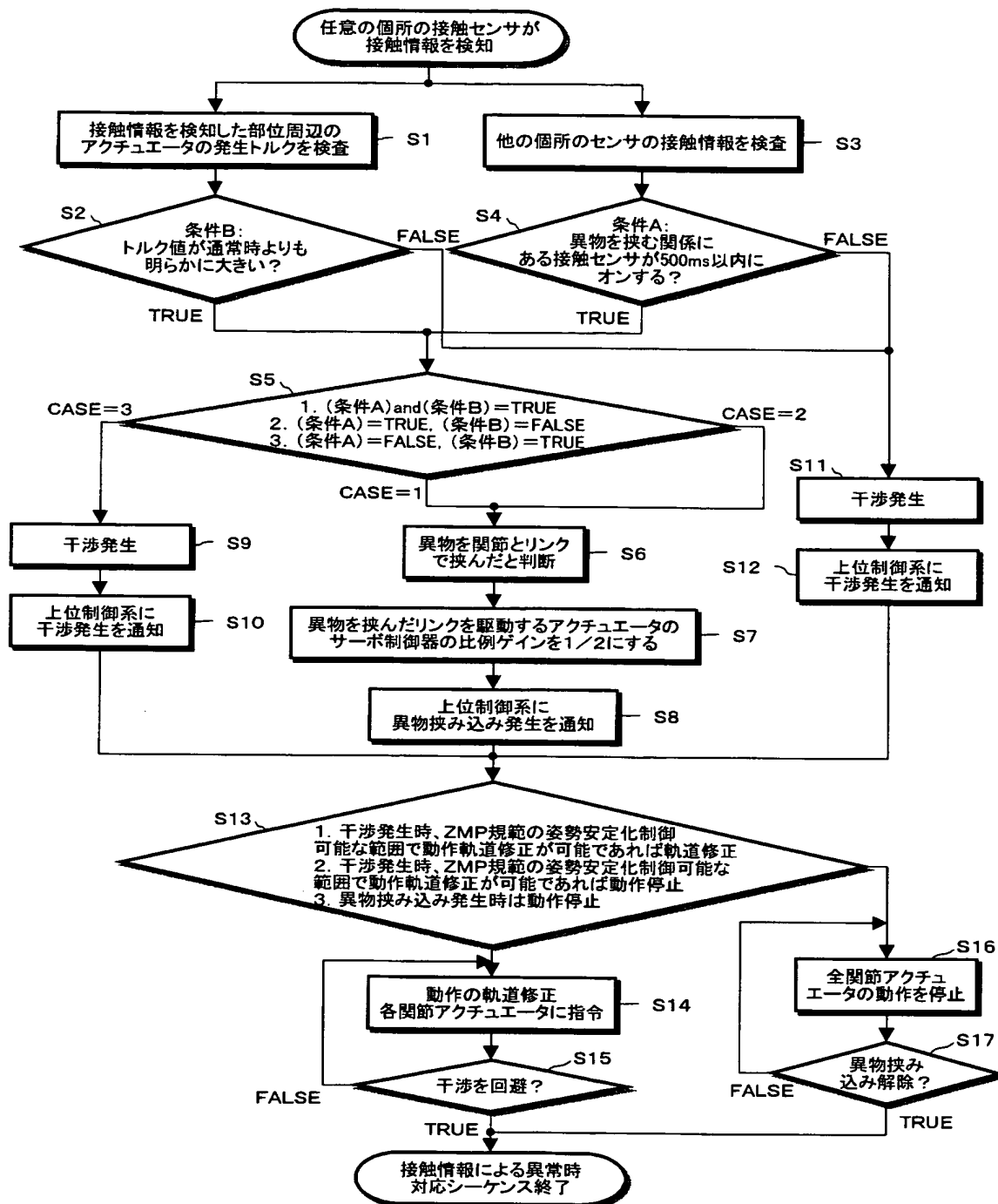
【図 10】



【図 11】



【図 12】





【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 アクチュエータ外に配設されたセンサの出力信号を好適に上位制御系と交信する。

【解決手段】 機体上の任意の場所の接触センサからの出力を、配線経路が最短となる（又は、関節駆動の干渉とならない）最寄りのアクチュエータ装置に入力する。そして、アクチュエータ装置内では、この外部センサの出力を信号ノイズの除去などの処理や、センサ情報の演算などの処理を施す。そして、これらの処理結果を、アクチュエータの駆動制御信号とアクチュエータ内蔵センサからのセンサ情報とともに、バス転送して、上位制御系へ送信する。

【選択図】 図 7

特願 2 0 0 2 - 3 5 8 8 5 9

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 2 1 8 5 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都品川区北品川 6 丁目 7 番 3 5 号

氏 名

ソニー株式会社